

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-252959

(43)Date of publication of application : 17.09.1999

(51)Int.Cl.

H02N 2/00

H01L 41/09

H01L 41/22

(21)Application number : 10-370917

(71)Applicant : SEIKO INSTRUMENTS INC

(22)Date of filing : 25.12.1998

(72)Inventor : SUZUKI YOKO
TANI KAZUO
MAEDA HIDETAKA
SATO SHIGE

(30)Priority

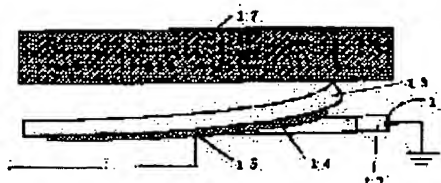
Priority number : 10 371 Priority date : 05.01.1998 Priority country : JP

(54) PIEZOELECTRIC ACTUATOR AND ITS MANUFACTURING METHOD

(57)Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To drive a piezoelectric actuator stably, even if it is miniaturized by providing a displacement mechanism part that is formed at a flat-plate shaped vibrator and whose one end and the other end are free and fixed, respectively, and to provide a piezoelectric element that is provided at it, and a traveling body that is in contact with or is close to the displacement mechanism part of the vibrating body.

SOLUTION: A displacement mechanism part 13 is provided with a free end part that can be moved freely for a drive block 11 and a fixed end part that is fixed to the drive block 11. When a positive voltage is applied to an electrode 15, a piezoelectric element 14 is flexed towards the side of a traveling body 17. When the voltage is removed, the piezoelectric element 14 returns to its original shape. When the piezoelectric element 11 is deformed, the displacement mechanism part 13 is also flexed, its free end tip part touches the traveling body 17, the force of a component in a side direction at the tip of the free end is transferred to the traveling body 17 via a frictional force, and the traveling body 17 moves finely in the same direction. Therefore, by periodically applying a voltage to the piezoelectric element 14, a small moves are repeated, thus the body 17 can be moved continuously.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 19.05.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3190633

[Date of registration] 18.05.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of

BEST AVAILABLE COPY

rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C), 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.*** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] the variation rate which it was formed in a plate-like oscillating object and this plate-like oscillating object, and was considered as end free other end immobilization — the device section and this variation rate — the piezoelectric device prepared in the device section, and the variation rate of said oscillating object — the electrostrictive actuator characterized by having the mobile made to contact or approach the device section.

[Claim 2] the variation rate which it was formed in a plate-like oscillating object and this plate-like oscillating object, and was considered as end free other end immobilization — the device section and this variation rate — the piezoelectric device which was prepared in the device section and prepared the electrode in the front face, and the variation rate of said oscillating object — the electrostrictive actuator characterized by to have the mobile made to contact or approach the device section and the power source which supplies the power of predetermined frequency to a piezoelectric device.

[Claim 3] The electrostrictive actuator which considers as end free other end immobilization while forming in the plate-like oscillating object laid in the fixed object of arbitration, and this oscillating object, and is characterized by having the displacement device section to which this free edge contacts or approaches said fixed object, and the piezoelectric device prepared in this displacement device section.

[Claim 4] The electrostrictive actuator which considers as end free other end immobilization while forming in the plate-like oscillating object which carries out application-of-pressure contact, and this oscillating object at a mobile, and is characterized by having the displacement device section to which this free edge contacts or approaches said mobile, and the piezoelectric device prepared in this displacement device section.

[Claim 5] The electrostrictive actuator of any one publication of claim 1-4 characterized by making small the touch area to said contact surface to the projected area of the displacement device section to the contact surface of a mobile or a fixed object.

[Claim 6] The electrostrictive actuator of any one publication of claim 1-5 characterized by making some cross sections containing all of said displacement device sections, or the fixed-end section rough convex shaped.

[Claim 7] The electrostrictive actuator of any one publication of claim 1-6 characterized by having made said displacement device section into the L character configuration, having made the shorter side into the fixed-end section, and using a long side as a free edge.

[Claim 8] said variation rate — the device section — two or more — forming — some variation rates — the device section — other variation rates — the electrostrictive actuator of any one publication of claim 1-7 characterized by forming in the device section and hard flow.

[Claim 9] said variation rate — the device section — two or more — forming — some variation rates — the device section — the direction of X — other variation rates — the electrostrictive actuator of any one publication of claim 1-8 characterized by forming the device section in the direction of Y.

[Claim 10] The electrostrictive actuator according to claim 9 characterized by shifting and forming these displacement device section from the same straight line while forming the displacement device section in forward hard flow in the direction of X, or the direction of Y.

[Claim 11] Claim 1 characterized by supporting said mobile to revolve centering on a splash shaft and 2 and 5 thru/or the electrostrictive actuator of any one publication of eight.

[Claim 12] the variation rate for coarse adjustments — the device section and the variation rate for coarse adjustments — the variation rate for jogging made into size smaller than the device section — the electrostrictive actuator of any one publication of claim 1-11 characterized by preparing the device section.

[Claim 13] The manufacture approach of the electrostrictive actuator characterized by forming a ramp in the front face of the displacement device section using the difference of the solubility by the crystal orientation of said oscillating object while forming the displacement device section which used photo etching and considered it as end free other end immobilization on a plate-like oscillating object.

[Claim 14] The manufacture approach of the electrostrictive actuator characterized by combining a photo etching technique and a electrocasting technique and forming the displacement device section of the cross-section abbreviation boiled-fish-paste configuration considered as end free other end immobilization on a plate-like oscillating object.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP1 are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] the crookedness for which this invention used the piezoelectric device — a variation rate — it drives according to a device, and even if it miniaturizes, it is related with the electrostrictive actuator which can be driven stably, and its manufacture approach.

[0002]

[Description of the Prior Art] What the front face of the oscillating object which consists of the former from an elastic body as a general electrostrictive actuator, using a piezoelectric device as a driving source is made to carry out application-of-pressure contact of the mobile, and is driven is known. The micro motor which moves the body of a publication to JP,7-184382,A as the example is mentioned. There is much what constituted PZT from points, such as the processing approach, in the elastic body at the conventional electrostrictive actuator at the piezoelectric device using the friction material which was excellent in abrasion resistance in the metal at the sliding surface of a mobile including this.

[0003] Below, the principle of operation of an electrostrictive actuator is explained. The piezoelectric device by which polarization was carried out to actuation is prepared in one field of a rectangular oscillating object, and electric field are periodically impressed to a piezoelectric device. Thereby, a progressive wave occurs in a piezoelectric device from longitudinal oscillation and the phase contrast of the electric field which bent and vibrated, and were spread and impressed to said whole oscillating object. This progressive wave is changing vertical motion into longitudinal direction motion with the thickness of an oscillating object, and causes ellipse motion to an oscillating body surface. If application-of-pressure contact of the mobile is carried out at this oscillating object, according to the frictional force between a mobile and an oscillating object, longitudinal direction motion of an oscillating body surface will be told to a mobile, and a mobile will move to said longitudinal direction.

[0004] The above-mentioned electrostrictive actuator is simple for ** structure, is excellent in that the generating force over ** actuator size is large, and ** responsibility, and has the descriptions, like it can constitute from a ** non-magnetic material. Moreover, in the above-mentioned conventional electrostrictive actuator, since the vertical vibration amplitude value of an oscillating object is a very small value which is several microns, in a generating output or passing speed, improvement is in drawing by policies, such as building a projection on the front face of the oscillating object in contact with ** mobile, and transmitting an oscillation to rectilinear motion efficiently, and enlarging contact pressure with ** mobile.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, when the above-mentioned conventional electrostrictive actuator is miniaturized as it was, the following troubles arise.

- (1) Creation of the minute height in contact with a mobile is difficult.
- (2) High process tolerance is required at the head of a height.
- (3) Since the volume of a piezoelectric device becomes small, the generating force becomes small.
- (4) Since it is large compared with the generating force of a piezoelectric device, the conversion efficiency between a vibration amplitude and passing speed falls [the flexural rigidity of an oscillating object].

For this reason, an expectable function can be realized in having miniaturized as it is.

[0006] Then, this invention is made in view of the above, and even if it miniaturizes, it aims at offering the electrostrictive actuator which can be driven stably, and its manufacture approach.

[0007]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned object, the electrostrictive actuator concerning claim 1 is formed in a plate-like oscillating object and this plate-like oscillating object, and is equipped with the displacement device section considered as end free other end immobilization, the piezoelectric device prepared in this displacement device section, and the mobile made to contact or approach the displacement device section of said oscillating object.

[0008] If an electrical potential difference is impressed to a piezoelectric device, the displacement device section is crooked according to an electrostrictive effect. For this reason, near the head of the displacement device section contacts a mobile. Or when the mobile touches the displacement device section, the head of the displacement device section is positively pressed to a mobile. The longitudinal direction component of this crookedness spreads according to a mobile, the displacement device section, and the frictional force of a between. A mobile will move by performing this contact continuously. Since this electrostrictive actuator is a configuration which prepares the

displacement device section in the oscillating object of a plate configuration, and moves a mobile to it by making frictional force with this displacement device section into driving force, it is made to a thin shape in smallness. Moreover, since the displacement device section is constituted from a thin plate configuration, flexural rigidity can be made small and the conversion efficiency between a vibration amplitude and passing speed improves.

[0009] moreover, the variation rate which the electrostrictive actuator concerning claim 2 was formed in a plate-like oscillating object and this plate-like oscillating object, and was considered as end free other-end immobilization — the device section and this variation rate — the piezoelectric device which was prepared in the device section and prepared the electrode in the front face, and the variation rate of said oscillating object — it has the mobile made to contact or approach the device section and the power source which supplies the power of predetermined frequency to a piezoelectric device.

[0010] As described above, a mobile can be moved by making a piezoelectric device crooked continuously. For this reason, a power source must supply the power of predetermined frequency to a piezoelectric device. Predetermined frequency may be a pulse-like. Since the movement magnitude of a mobile is decided by the count of crookedness and vibration amplitude of the displacement device section, movement magnitude is controllable by the power supplied from a power source.

[0011] Moreover, the electrostrictive actuator concerning claim 3 considers as end free other end immobilization while forming it in the plate-like oscillating object laid in the fixed object of arbitration, and this oscillating object, and it is equipped with the displacement device section to which this free edge contacts or approaches said fixed object, and the piezoelectric device prepared in this displacement device section.

[0012] If an electrical potential difference is impressed to a piezoelectric device, the displacement device section is crooked according to the electrostrictive effect of a piezoelectric device. For this reason, near the head of the displacement device section contacts a fixed object. Or when the fixed object touches the displacement device section, the head of the displacement device section is positively pressed to a fixed object. The longitudinal direction component of this crookedness serves as frictional force, and relative displacement of the oscillating object itself is carried out to a fixed object. The oscillating object itself moves by performing this contact continuously.

[0013] Moreover, the electrostrictive actuator concerning claim 4 considers as end free other end immobilization while forming it in the plate-like oscillating object which carries out application-of-pressure contact, and this oscillating object at a mobile, and it is equipped with the displacement device section to which this free edge contacts or approaches said mobile, and the piezoelectric device prepared in this displacement device section.

[0014] If the displacement device section is made crooked according to the electrostrictive effect of a piezoelectric device, a part of displacement device section will contact an oscillating object at the mobile which carries out application-of-pressure contact. When already in contact, it will be pressed positively. For this reason, the longitudinal direction component of crookedness of the displacement device section spreads to a mobile according to frictional force, and the mobile concerned is conveyed. A mobile may be the box-like thing [like a cigarette] whose thing of the shape of a card like for example, a telephone card is also.

[0015] Moreover, the electrostrictive actuator concerning claim 5 makes small the touch area to said contact surface in the above-mentioned electrostrictive actuator to the projected area of the displacement device section to the contact surface of a mobile, a fixed object, or a mobile.

[0016] On structure, since this electrostrictive actuator has low rigidity, minute residual stress occurs at the time of oscillating object processing, or plastic deformation generates it according to the external force at the time of actuator actuation and installation etc. Since this plastic deformation is minute, removing thoroughly is impossible, it generates in the rigid fixed-end section of the low displacement device section most, and a free edge displaces in many cases. Moreover, since the frictional force of the displacement device section, a mobile, etc. turns into driving force, as for this electrostrictive actuator, to stable actuation, it is desirable that a mobile etc. contacts the displacement device section in a fixed field. In invention concerning this claim 5, while being able to specify the surface of action with the contact surface by making small a touch area with said contact surface to the projected area of the displacement device section to the contact surface with a mobile etc., it was made to enlarge contact pressure. For this reason, stable actuation of the electrostrictive actuator can be carried out.

[0017] Moreover, the electrostrictive actuator concerning claim 6 makes some cross sections containing all of said displacement device sections, or the fixed-end section rough convex shaped in the above-mentioned electrostrictive actuator.

[0018] What is necessary is just to make the cross section of the displacement device section rough convex shaped than the projected area of the displacement device section to a migration pair etc., in order to make small the touch area to said contact surface. This will contact said mobile etc. in the crowning of the displacement device section. Moreover, by [containing the fixed-end section] making a cross section rough convex shaped in part, the elasticity of the fixed-end section concerned becomes large, and the effect of the minute plastic deformation in the displacement device section can be eased. Moreover, residual stress is removable in a rough convex shaped processing process. As a rough convex shaped example, a triangle, a trapezoid, a boiled-fish-paste form, etc. can be mentioned.

[0019] Moreover, in the above-mentioned electrostrictive actuator, the electrostrictive actuator concerning claim 7 makes said displacement device section a L character configuration, makes a shorter side the fixed-end section, and uses a long side as a free edge.

[0020] By making the displacement device section into a L character configuration, an oscillation of a free edge can

be enlarged more. For this reason, movement magnitude, such as a mobile, can be enlarged.

[0021] Moreover, in the above-mentioned electrostrictive actuator, the electrostrictive actuator concerning claim 8 forms two or more said displacement device sections, and forms a part of displacement device sections in other displacement device sections and hard flow.

[0022] The displacement device section is formed in hard flow, and a mobile etc. can be made to reciprocate if the displacement device section of an one direction and the displacement device section of hard flow are changed and driven.

[0023] Moreover, in the above-mentioned electrostrictive actuator, the electrostrictive actuator concerning claim 9 forms two or more said displacement device sections, and a part of displacement device sections are formed in the direction of X, and it forms other displacement device sections in the direction of Y.

[0024] The positioning migration of the mobile etc. can be made to carry out in the XY direction by forming the displacement device section in the XY direction. It is useful to an X-Y stage etc.

[0025] Moreover, in the above-mentioned electrostrictive actuator, the electrostrictive actuator concerning claim 10 shifts and forms these displacement device section from the same straight line while forming the displacement device section in forward hard flow in the direction of X, or the direction of Y.

[0026] If the displacement device section is shifted and formed from the same straight line, since the driving direction by the displacement device section formed in forward hard flow will shift, a mobile etc. rotates.

[0027] Moreover, the electrostrictive actuator concerning claim 5 supports said mobile to revolve centering on a splash shaft in the above-mentioned electrostrictive actuator.

[0028] By supporting a mobile to revolve, migration of the mobile concerned will be regulated and a mobile will rock by actuation by the displacement device section.

[0029] Moreover, the electrostrictive actuator concerning claim 12 prepares the displacement device section for coarse adjustments, and the displacement device section for jogging made into size smaller than the displacement device section for coarse adjustments in the above-mentioned electrostrictive actuator.

[0030] If the displacement device section of big size is made to drive, since a big oscillation is obtained, the coarse adjustment of the mobile etc. can be carried out. Since it becomes a small oscillation, a mobile etc. can be made to move slightly, if the displacement device section of small size is made to drive. This electrostrictive actuator is useful to the seeking tracking control of a hard disk drive unit.

[0031] Moreover, the manufacture approach of the electrostrictive actuator concerning claim 13 forms a ramp in the front face of the displacement device section using the difference of the solubility by the crystal orientation of said oscillating object while forming the displacement device section which used photo etching and considered it as end free other end immobilization on a plate-like oscillating object.

[0032] Moreover, the manufacture approach of the electrostrictive actuator concerning claim 14 combines a photo etching technique and an electrocasting technique, and forms the displacement device section of the cross-section abbreviation boiled-fish-paste configuration considered as end free other end immobilization on a plate-like oscillating object.

[0033] If the displacement device section is formed using such ultra-fine processing technology, while being able to control residual stress and plastic deformation, the displacement device section can be formed in easy and high degree of accuracy.

[0034]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, it explains to a detail, referring to a drawing per this invention. In addition, this invention is not limited by the gestalt of this operation.

[0035] Gestalt 1. drawing 1 of operation is the perspective view showing the electrostrictive actuator concerning the 1st example of this invention. This electrostrictive actuator is equipped with the actuation block 11 used as an oscillating object, piezoelectric devices 14a-14f, the electrodes 15a-15f electrically joined to piezoelectric devices 14a-14f, and the electrode 16 electrically joined to the actuation block 11. Inside the actuation block 11, the displacement device sections 13a-13f are started by the holes 12a-12f, such as U characters, a character of KO, or C typeface. Piezoelectric devices 14a-14f are formed in these displacement device sections 13a-13f, respectively. Electrodes 15a-15f are formed in these piezoelectric devices 14a-14f. Moreover, an electrode 16 is grounded, while connecting a driver 19 to Electrodes 15a-15f and connecting a signal generator 20 to a driver 19.

[0036] Next, a piezoelectric devices [14a-14f] plane of composition is turned down, and a mobile 17 is installed in the actuation block 11 upside. Application-of-pressure contact of a mobile 17 and the actuation block 11 is carried out with the self-weight of the mobile 17 concerned. The displacement device sections 13a-13f have the free edge which carries out movable freely to the actuation block 11, and the fixed-end section fixed to the actuation block 11. Moreover, the displacement device sections 13a-13f exist in the interior of the actuation block 11, and do not have a part for a height to the actuation block 11.

* NOTICES *

JPO and NCIPJ are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

TECHNICAL FIELD

[Field of the Invention] the crookedness for which this invention used the piezoelectric device -- a variation rate -- it drives according to a device, and even if it miniaturizes, it is related with the electrostrictive actuator which can be driven stably, and its manufacture approach.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

PRIOR ART

[Description of the Prior Art] What the front face of the oscillating object which consists of the former from an elastic body as a general electrostrictive actuator, using a piezoelectric device as a driving source is made to carry out application-of-pressure contact of the mobile, and is driven is known. The micro motor which moves the body of a publication to JP,7-184382,A as the example is mentioned. There is much what constituted PZT from points, such as the processing approach, in the elastic body at the conventional electrostrictive actuator at the piezoelectric device using the friction material which was excellent in abrasion resistance in the metal at the sliding surface of a mobile including this.

[0003] Below, the principle of operation of an electrostrictive actuator is explained. The piezoelectric device by which polarization was carried out to actuation is prepared in one field of a rectangular oscillating object, and electric field are periodically impressed to a piezoelectric device. Thereby, a progressive wave occurs in a piezoelectric device from longitudinal oscillation and the phase contrast of the electric field which bent and vibrated, and were spread and impressed to said whole oscillating object. This progressive wave is changing vertical motion into longitudinal direction motion with the thickness of an oscillating object, and causes ellipse motion to an oscillating body surface. If application-of-pressure contact of the mobile is carried out at this oscillating object, according to the frictional force between a mobile and an oscillating object, longitudinal direction motion of an oscillating body surface will be told to a mobile, and a mobile will move to said longitudinal direction.

[0004] The above-mentioned electrostrictive actuator is simple for ** structure, is excellent in that the generating force over ** actuator size is large, and ** responsibility, and has the descriptions, like it can constitute from a ** non-magnetic material. Moreover, in the above-mentioned conventional electrostrictive actuator, since the vertical vibration amplitude value of an oscillating object is a very small value which is several microns, in a generating output or passing speed, improvement is in drawing by policies, such as building a projection on the front face of the oscillating object in contact with ** mobile, and transmitting an oscillation to rectilinear motion efficiently, and enlarging contact pressure with ** mobile.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.*** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

EFFECT OF THE INVENTION

[Effect of the Invention] As explained above, according to the electrostrictive actuator of this invention, the amount of [in contact with the actuation object which was indispensable to the conventional electrostrictive actuator] height becomes unnecessary. Moreover, since the rigidity of the displacement device section is low, even if the energy which excites a crookedness oscillation is small, a big vibration amplitude can be obtained, and the high motion conversion system of a transmission efficiency can be realized. Furthermore, components are processed using ultra-fine processing technology. Consequently, even if small, the stable actuation is acquired, and thin shape-ization is attained. Moreover, a rectilinear-propagation motor function, a reciprocating motion function, the motor function to the direction of 360-degree arbitration, and a rotation function are realizable with very few components. Furthermore, since a component part can be manufactured by etching process processing etc., while being able to carry out [high degree of accuracy]-izing, assembly and tuning are simplified, and it can mass-produce cheaply.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.*** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

TECHNICAL PROBLEM

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, when the above-mentioned conventional electrostrictive actuator is miniaturized as it was, the following troubles arise.

(1) Creation of the minute height in contact with a mobile is difficult.

(2) High process tolerance is required at the head of a height.

(3) Since the volume of a piezoelectric device becomes small, the generating force becomes small.

(4) Since it is large compared with the generating force of a piezoelectric device, the conversion efficiency between a vibration amplitude and passing speed falls [the flexural rigidity of an oscillating object].

For this reason, an expectable function can be realized in having miniaturized as it is.

[0006] Then, this invention is made in view of the above, and even if it miniaturizes, it aims at offering the electrostrictive actuator which can be driven stably, and its manufacture approach.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

MEANS

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned object, the electrostrictive actuator concerning claim 1 is formed in a plate-like oscillating object and this plate-like oscillating object, and is equipped with the displacement device section considered as end free other end immobilization, the piezoelectric device prepared in this displacement device section, and the mobile made to contact or approach the displacement device section of said oscillating object.

[0008]

* NOTICES *

JPO and NCIPJ are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

MEANS

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned object, the electrostrictive actuator concerning claim 1 is formed in a plate-like oscillating object and this plate-like oscillating object, and is equipped with the displacement device section considered as end free other end immobilization, the piezoelectric device prepared in this displacement device section, and the mobile made to contact or approach the displacement device section of said oscillating object.

[0008] If an electrical potential difference is impressed to a piezoelectric device, the displacement device section is crooked according to an electrostrictive effect. For this reason, near the head of the displacement device section contacts a mobile. Or when the mobile touches the displacement device section, the head of the displacement device section is positively pressed to a mobile. The longitudinal direction component of this crookedness spreads according to a mobile, the displacement device section, and the frictional force of a between. A mobile will move by performing this contact continuously. Since this electrostrictive actuator is a configuration which prepares the displacement device section in the oscillating object of a plate configuration, and moves a mobile to it by making frictional force with this displacement device section into driving force, it is made to a thin shape in smallness. Moreover, since the displacement device section is constituted from a thin plate configuration, flexural rigidity can be made small and the conversion efficiency between a vibration amplitude and passing speed improves.

[0009] moreover, the variation rate which the electrostrictive actuator concerning claim 2 was formed in a plate-like oscillating object and this plate-like oscillating object, and was considered as end free other-end immobilization — the device section and this variation rate — the piezoelectric device which was prepared in the device section and prepared the electrode in the front face, and the variation rate of said oscillating object — it has the mobile made to contact or approach the device section and the power source which supplies the power of predetermined frequency to a piezoelectric device.

[0010] As described above, a mobile can be moved by making a piezoelectric device crooked continuously. For this reason, a power source must supply the power of predetermined frequency to a piezoelectric device. Predetermined frequency may be a pulse-like. Since the movement magnitude of a mobile is decided by the count of crookedness and vibration amplitude of the displacement device section, movement magnitude is controllable by the power supplied from a power source.

[0011] Moreover, the electrostrictive actuator concerning claim 3 considers as end free other end immobilization while forming it in the plate-like oscillating object laid in the fixed object of arbitration, and this oscillating object, and it is equipped with the displacement device section to which this free edge contacts or approaches said fixed object, and the piezoelectric device prepared in this displacement device section.

[0012] If an electrical potential difference is impressed to a piezoelectric device, the displacement device section is crooked according to the electrostrictive effect of a piezoelectric device. For this reason, near the head of the displacement device section contacts a fixed object. Or when the fixed object touches the displacement device section, the head of the displacement device section is positively pressed to a fixed object. The longitudinal direction component of this crookedness serves as frictional force, and relative displacement of the oscillating object itself is carried out to a fixed object. The oscillating object itself moves by performing this contact continuously.

[0013] Moreover, the electrostrictive actuator concerning claim 4 considers as end free other end immobilization while forming it in the plate-like oscillating object which carries out application-of-pressure contact, and this oscillating object at a mobile, and it is equipped with the displacement device section to which this free edge contacts or approaches said mobile, and the piezoelectric device prepared in this displacement device section.

[0014] If the displacement device section is made crooked according to the electrostrictive effect of a piezoelectric device, a part of displacement device section will contact an oscillating object at the mobile which carries out application-of-pressure contact. When already in contact, it will be pressed positively. For this reason, the longitudinal direction component of crookedness of the displacement device section spreads to a mobile according to frictional force, and the mobile concerned is conveyed. A mobile may be the box-like thing [like a cigarette] whose thing of the shape of a card like for example, a telephone card is also.

[0015] Moreover, the electrostrictive actuator concerning claim 5 makes small the touch area to said contact surface in the above-mentioned electrostrictive actuator to the projected area of the displacement device section to the contact surface of a mobile, a fixed object, or a mobile.

[0016] On structure, since this electrostrictive actuator has low rigidity, minute residual stress occurs at the time of oscillating object processing, or plastic deformation generates it according to the external force at the time of

actuator actuation and installation etc. Since this plastic deformation is minute, removing thoroughly is impossible, it generates in the rigid fixed-end section of the low displacement device section most, and a free edge displaces in many cases. Moreover, since the frictional force of the displacement device section, a mobile, etc. turns into driving force, as for this electrostrictive actuator, to stable actuation, it is desirable that a mobile etc. contacts the displacement device section in a fixed field. In invention concerning this claim 5, while being able to specify the surface of action with the contact surface by making small a touch area with said contact surface to the projected area of the displacement device section to the contact surface with a mobile etc., it was made to enlarge contact pressure. For this reason, stable actuation of the electrostrictive actuator can be carried out.

[0017] Moreover, the electrostrictive actuator concerning claim 6 makes some cross sections containing all of said displacement device sections, or the fixed-end section rough convex shaped in the above-mentioned electrostrictive actuator.

[0018] What is necessary is just to make the cross section of the displacement device section rough convex shaped than the projected area of the displacement device section to a migration pair etc., in order to make small the touch area to said contact surface. This will contact said mobile etc. in the crowning of the displacement device section. Moreover, by [containing the fixed-end section] making a cross section rough convex shaped in part, the elasticity of the fixed-end section concerned becomes large, and the effect of the minute plastic deformation in the displacement device section can be eased. Moreover, residual stress is removable in a rough convex shaped processing process. As a rough convex shaped example, a triangle, a trapezoid, a boiled-fish-paste form, etc. can be mentioned.

[0019] Moreover, in the above-mentioned electrostrictive actuator, the electrostrictive actuator concerning claim 7 makes said displacement device section a L character configuration, makes a shorter side the fixed-end section, and uses a long side as a free edge.

[0020] By making the displacement device section into a L character configuration, an oscillation of a free edge can be enlarged more. For this reason, movement magnitude, such as a mobile, can be enlarged.

[0021] Moreover, in the above-mentioned electrostrictive actuator, the electrostrictive actuator concerning claim 8 forms two or more said displacement device sections, and forms a part of displacement device sections in other displacement device sections and hard flow.

[0022] The displacement device section is formed in hard flow, and a mobile etc. can be made to reciprocate if the displacement device section of an one direction and the displacement device section of hard flow are changed and driven.

[0023] Moreover, in the above-mentioned electrostrictive actuator, the electrostrictive actuator concerning claim 9 forms two or more said displacement device sections, and a part of displacement device sections are formed in the direction of X, and it forms other displacement device sections in the direction of Y.

[0024] The positioning migration of the mobile etc. can be made to carry out in the XY direction by forming the displacement device section in the XY direction. It is useful to an X-Y stage etc.

[0025] Moreover, in the above-mentioned electrostrictive actuator, the electrostrictive actuator concerning claim 10 shifts and forms these displacement device section from the same straight line while forming the displacement device section in forward hard flow in the direction of X, or the direction of Y.

[0026] If the displacement device section is shifted and formed from the same straight line, since the driving direction by the displacement device section formed in forward hard flow will shift, a mobile etc. rotates.

[0027] Moreover, the electrostrictive actuator concerning claim 5 supports said mobile to revolve centering on a splash shaft in the above-mentioned electrostrictive actuator.

[0028] By supporting a mobile to revolve, migration of the mobile concerned will be regulated and a mobile will rock by actuation by the displacement device section.

[0029] Moreover, the electrostrictive actuator concerning claim 12 prepares the displacement device section for coarse adjustments, and the displacement device section for jogging made into size smaller than the displacement device section for coarse adjustments in the above-mentioned electrostrictive actuator.

[0030] If the displacement device section of big size is made to drive, since a big oscillation is obtained, the coarse adjustment of the mobile etc. can be carried out. Since it becomes a small oscillation, a mobile etc. can be made to move slightly, if the displacement device section of small size is made to drive. This electrostrictive actuator is useful to the seeking tracking control of a hard disk drive unit.

[0031] Moreover, the manufacture approach of the electrostrictive actuator concerning claim 13 forms a ramp in the front face of the displacement device section using the difference of the solubility by the crystal orientation of said oscillating object while forming the displacement device section which used photo etching and considered it as end free other end immobilization on a plate-like oscillating object.

[0032] Moreover, the manufacture approach of the electrostrictive actuator concerning claim 14 combines a photo etching technique and a electrocasting technique, and forms the displacement device section of the cross-section abbreviation boiled-fish-paste configuration considered as end free other end immobilization on a plate-like oscillating object.

[0033] If the displacement device section is formed using such ultra-fine processing technology, while being able to control residual stress and plastic deformation, the displacement device section can be formed in easy and high degree of accuracy.

[0034]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, it explains to a detail, referring to a drawing per this invention. In addition,

this invention is not limited by the gestalt of this operation.

[0035] Gestalt 1. drawing 1 of operation is the perspective view showing the electrostrictive actuator concerning the 1st example of this invention. This electrostrictive actuator is equipped with the actuation block 11 used as an oscillating object, piezoelectric devices 14a-14f, the electrodes 15a-15f electrically joined to piezoelectric devices 14a-14f, and the electrode 16 electrically joined to the actuation block 11. Inside the actuation block 11, the displacement device sections 13a-13f are started by the holes 12a-12f, such as U characters, a character of KO, or C typeface. Piezoelectric devices 14a-14f are formed in these displacement device sections 13a-13f, respectively. Electrodes 15a-15f are formed in these piezoelectric devices 14a-14f. Moreover, an electrode 16 is grounded, while connecting a driver 19 to Electrodes 15a-15f and connecting a signal generator 20 to a driver 19.

[0036] Next, a piezoelectric devices [14a-14f] plane of composition is turned down, and a mobile 17 is installed in the actuation block 11 upside. Application-of-pressure contact of a mobile 17 and the actuation block 11 is carried out with the self-weight of the mobile 17 concerned. The displacement device sections 13a-13f have the free edge which carries out movable freely to the actuation block 11, and the fixed-end section fixed to the actuation block 11. Moreover, the displacement device sections 13a-13f exist in the interior of the actuation block 11, and do not have a part for a height to the actuation block 11. And similarly as for the displacement device sections 13a-13f on the actuation block 11, the whole (the direction of the fixed-end section to a free edge) of the formation direction is arranged.

[0037] The alternating voltage outputted from the signal generator 19 is inputted into a driver 20. A driver 20 chooses and energizes Electrodes [15a-15f] the part or all that has more than one while amplifying input voltage. If alternating voltage is impressed to Electrodes 15a-15f, piezoelectric devices 14a-14f will repeat crookedness according to applied voltage. A crookedness oscillation is excited by this crookedness at the displacement device sections 13a-13f. A mobile 17 makes said oscillation a driving source, and moves to the left from the direction of the fixed-end section from a displacement device sections [13a-13f] free edge, i.e., the right of drawing 1. About a detailed migration principle, it mentions later.

[0038] Stainless steel material is used for the actuation block 11, and a PZT thin film is used for piezoelectric devices 14a-14f. In order to energize to the electrode 16 joined to the actuation block 11, let said actuation block 11 be a conductor. However, if between piezoelectric devices 14a-14f and mobiles 17 is made into the multilayer structure of a conductor and an insulator, the front face of the actuation block 11 can consist of insulators.

[0039] Moreover, although the electrode 16 was grounded with the gestalt of this operation, an electrostrictive actuator can be operated even if it connects with the electrical potential difference and counter electrode which are impressed to Electrodes 15a-15f. Alternating voltage was impressed about applied voltage here, and it operates also by the unipolar pulse. Moreover, since a piezoelectric device 14 was driven, the voltage source was used, but the same function is done so even if it uses a self-excitation circuit. In addition, application-of-pressure contact in a mobile 17 and the displacement device sections 13a-13f is required of actuation of the electrostrictive actuator of this invention. With the gestalt 1 of this operation, although the actuation block 11 is made to carry out application-of-pressure contact with the self-weight of a mobile 17, it may be made to carry out application-of-pressure contact of the actuation block 11 especially the displacement device sections 13a-13f, and the mobile 17 according to the spring device in which it is not based on a self-weight but fixed contact pressure is generated etc. Moreover, an electrostrictive actuator can be driven even if it makes it impress an electrical potential difference to an Electrodes [15a-15f] part.

[0040] The [principle of operation] Below, the principle of operation of this electrostrictive actuator is explained. Drawing 2 is the explanatory view showing the actuation principle of the electrostrictive actuator of this invention. If a forward electrical potential difference is impressed to an electrode 15, a piezoelectric device 14 is crooked in a mobile 17 side. An electrical potential difference is taken, it is carried out, and ** and a piezoelectric device 14 return to the original configuration. If a piezoelectric device 14 deforms, the displacement device section 13 will also be crooked in connection with this, and the free edge head of the displacement device section 13 will contact a mobile 17. The force of the longitudinal direction component (from drawing Nakamigi to the left) at the head of a free edge carries frictional force, and is transmitted to a mobile, and the mobile concerned carries out minute migration in this direction. Therefore, since said minute migration is repeated by impressing an electrical potential difference to a piezoelectric device 14 periodically, a mobile 17 can be moved continuously. In addition, in this drawing, although the contact part of the displacement device section 13 and a mobile 17 was expressed superficially, it is not necessary to necessarily contact superficially and you may be point contact. Moreover, although it was said for application-of-pressure contact that the mobile 17 and the actuation block 11 are carrying out, even if in contact in terms of micro, or even if close, there is instead of [no] in a mobile 17 moving by the above-mentioned principle.

[0041] The configuration of the [modification of the displacement device section] displacement device section 13 may not be a simple beam configuration as shown in above-mentioned drawing 1. The modification of the displacement device section is shown in drawing 3 - drawing 8. Drawing 3 is a partial perspective view in which the cross section which intersects perpendicularly with a longitudinal direction shows the triangular displacement device section. According to this displacement device section 13, line contact will be carried out to a mobile 17 (or the fixed object 18: it is the same gestalt 3 reference of operation, and the following) by part for a ridge part. Drawing 4 is a partial perspective view in which the cross section which intersects perpendicularly with a longitudinal direction shows the displacement device section of a boiled-fish-paste configuration. According to this displacement device section 13, it will contact in a mobile 17, line contact, or a very small area by part for a

crowning.

[0042] Drawing 5 is a partial perspective view in which the cross section which intersects perpendicularly with a longitudinal direction shows the trapezoid displacement device section. According to this displacement device section 13, a mobile 17 will be contacted on a trapezoid shorter side side face. Drawing 6 is a partial perspective view in which the cross section which intersects perpendicularly with a longitudinal direction shows the displacement device section of the triangle and the trapezoid in a fixed-end side in free one end. According to this displacement device section, line contact will be carried out to a mobile 17 by part for the ridge part of a cross-section triangle. In the case of this configuration, the area which contacts said mobile 17 compared with the case where a cross section is a triangle is small, and contact pressure becomes large. However, since the amount of [which driving force generates] free edge contacts a mobile 17, stable actuation is expectable.

[0043] Drawing 7 is a partial perspective view in which the cross section which intersects perpendicularly with a longitudinal direction shows the displacement device section of the trapezoid [one end / free] in a boiled-fish-paste form side and a fixed-end side. According to this displacement device section 13, line contact will be carried out to a mobile 17 by part for the crowning of a cross-section boiled-fish-paste form. Stable actuation is expectable with this configuration as well as the above. the cross section where a longitudinal direction and drawing 8 R cross at right angles — free one end — a trapezoid side and a fixed-end side — a square (or trapezoid) variation rate — it is the partial perspective view showing the device section. According to this displacement device section 13, a mobile 17 will be contacted on a trapezoid shorter side side face. Stable actuation is expectable with this configuration as well as the above.

[0044] Even when making the displacement device section 13 into the configuration shown in above-mentioned drawing 3 — drawing 8 and plastic deformation is carried out, since the surface of action to said mobile 17 is limited, change of a touch area is small. For this reason, a change of operation cannot take place easily. Moreover, since a touch area becomes small, the contact pressure to a mobile 17 becomes large. As mentioned above, the electrostrictive actuator of this invention can be more stably driven according to definition of a surface of action, and buildup of contact pressure.

[0045] Moreover, the displacement device section 13 may not be a simple beam configuration, and as shown in drawing 9, it may be the configuration which made the fixed-end section slanting. Thereby, not only bending vibration but torsional oscillation is excited, and a big vibration amplitude is easy to be obtained in the free end.

[0046] Moreover, the displacement device section 13 may be made into the L character configuration which consists of a part for a part for a long side 131, and a short side part 132. As shown in drawing 10 (a) and (b), the resonant frequency of the displacement device section 13 can be made into a different thing by changing the die length for a short side part 132, or changing the fixed gestalt in a part for a short side part 132, as shown in this drawing (c) and (d). Bending vibration and torsional oscillation generate a part for a short side part, and a big variation rate (vibration amplitude) is easy to be obtained at the free edge. The lower part perspective view of an actuation block which has this displacement device section 13 is shown in drawing 11. Thus, a piezoelectric device 14 is formed in the underside for a long side 131. If Mobile W is carried on this actuation block 11, the mobile W concerned can be moved. Moreover, you may make it a configuration as made the displacement device section 13 a L character configuration and shown in above-mentioned drawing 3 — drawing 8 (graphic display abbreviation). Furthermore, you may make it form aslant the fixed-end section of the displacement device section 13 shown in above-mentioned drawing 3 — drawing 8 (graphic display abbreviation).

[0047] [— a variation rate — manufacture approach] of the device section — the next — a variation rate — the manufacture approach of the device section 13 is explained. The displacement device section (refer to drawing 3) by which a cross-section configuration is surrounded in a straight line can be formed comparatively easily by using chemical treatments, such as anisotropic etching and half etching, compared with machining etc. Since the include angle of a slant face can be determined only by especially selecting construction material by anisotropic etching, management of a slant-face include angle is easy.

[0048] silicon according [drawing 12] to anisotropic etching — a variation rate — it is the sectional view showing the production process of the device section 13. In order to carry out anisotropic etching of the silicon (Si) and to manufacture the displacement device section 13, counter etching of the silicon (100) side 21 which is the raw material of the displacement device section 13 is carried out first (this drawing (a)), the silicon 21 concerned is oxidized, and diacid-ized silicon (SiO₂) 22 is formed in the both sides (this drawing (b)). Next, a photoresist 23 is applied to silicon 21 and exposure and development are performed through a photo mask 24 (this drawing (c)). Then, diacid-ized silicon is etched and an etching mask (SiO₂) 22 is formed by removing a photoresist 23 thoroughly (this drawing (d)). And anisotropic etching of said Si21 is carried out by using the etching reagent which has a different direction property, and the part which is not covered by this by said etching mask is removed (this drawing (e)).

[0049] What was mixed at an ethylenediamine:catechol:water = 17cc:8cc:3cc rate is used for an etching reagent. Thereby, the etch rate to the field of silicon where an atomic consistency is the highest (111) drops to several [of the etch rate of other fields (100) etc. / 1/], and very late etching is attained. For this reason, the displacement device section 13 from which the field (111) of silicon turns into a slant face can be formed by the above-mentioned anisotropic etching (this drawing (f)). Moreover, when using silicon, since the slant-face include angle of a field (111) and a field (100) is 54.7 degrees, in a manufacture process, the slant-face include-angle management by crystal orientation is attained.

[0050] Next, the displacement device section (refer to drawing 4) by which curves, such as radii, are contained in a cross-section configuration can be formed comparatively easily compared with machining etc. by using a

electrocasting technique etc. Drawing 13 is a electrocasting process which shows production of the displacement device section 13 with a nickel-plating ingredient.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-252959

(43) 公開日 平成11年(1999) 9月17日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	F I	
H 0 2 N 2/00		H 0 2 N 2/00	C
H 0 1 L 41/09		H 0 1 L 41/08	C
41/22		41/22	Z

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平10-370917
(22) 出願日 平成10年(1998)12月25日
(31) 優先権主張番号 特願平10-371
(32) 優先日 平10(1998)1月5日
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000002325
セイコーインスツルメンツ株式会社
千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地
(72) 発明者 鈴木 陽子
千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 セ
イコーインスツルメンツ株式会社内
(72) 発明者 谷 和夫
千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 セ
イコーインスツルメンツ株式会社内
(72) 発明者 前田 英孝
千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 セ
イコーインスツルメンツ株式会社内
(74) 代理人 弁理士 林 敬之助

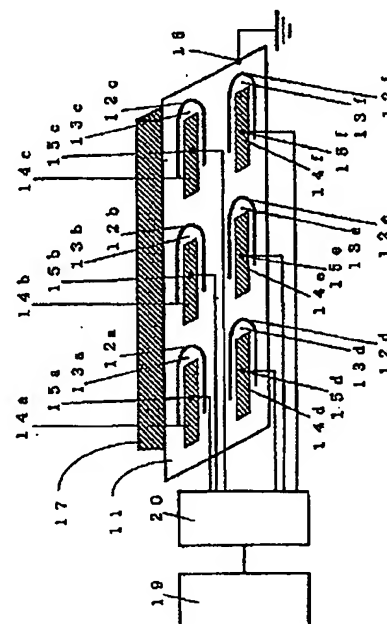
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 圧電アクチュエータおよびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 圧電アクチュエータを小型化し、安定駆動を実現する。

【解決手段】 薄い平板形状の駆動ブロックより切り離された変位機構部の厚さを長手方向、長手方向と直交する幅方向に対してわずかに変化させ、その反対面に圧電素子を接合した。この変位機構部が圧電素子により屈曲振動することで、変位機構部と加圧接触している移動体もしくは基盤との間に摩擦が発生する。ここで変位機構部の厚さが変化していることから、摩擦力の発生する領域が小さく限定でき、接触圧力を大きくできるので、圧電アクチュエータを安定駆動できる。この摩擦力により、移動体もしくは圧電アクチュエータ自体が移動するものである。また、小型化の課題であった作成方法についても、変位機構部の接触領域をエッチングおよび電鍮技術などの化学処理および微細構造形成技術で容易かつ高精度に作成できる。以上より、本発明の圧電アクチュエータは小型化・薄型化でき、安定駆動が可能となる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 平板状の振動体と、

この振動体に形成され、一端自由他端固定とした変位機構部と、

この変位機構部に設けた圧電素子と、

前記振動体の変位機構部に接触または近接させた移動体と、を備えたことを特徴とする圧電アクチュエータ。

【請求項2】 平板状の振動体と、

この振動体に形成され、一端自由他端固定とした変位機構部と、

この変位機構部に設けられ表面に電極を設けた圧電素子と、

前記振動体の変位機構部に接触または近接させた移動体と、

圧電素子に所定周波数の電力を供給する電源と、を備えたことを特徴とする圧電アクチュエータ。

【請求項3】 任意の固定体に載置する平板状の振動体と、

この振動体に形成すると共に一端自由他端固定とし、この自由端部が前記固定体に接触または近接する変位機構部と、

この変位機構部に設けた圧電素子と、を備えたことを特徴とする圧電アクチュエータ。

【請求項4】 移動体に加圧接触する平板状の振動体と、

この振動体に形成すると共に一端自由他端固定とし、この自由端部が前記移動体に接触または近接する変位機構部と、

この変位機構部に設けた圧電素子と、を備えたことを特徴とする圧電アクチュエータ。

【請求項5】 移動体若しくは固定体の接触面に対する変位機構部の投影面積に対し、前記接触面に対する接触面積を小さくしたことを特徴とする請求項1～4のいずれか一つに記載の圧電アクチュエータ。

【請求項6】 前記変位機構部の全部または固定端部を含む一部の断面を略凸形状にしたことを特徴とする請求項1～5のいずれか一つに記載の圧電アクチュエータ。

【請求項7】 前記変位機構部をL字形状とし、短辺を固定端部とし長辺を自由端部としたことを特徴とする請求項1～6のいずれか一つに記載の圧電アクチュエータ。

【請求項8】 前記変位機構部を複数形成し、一部の変位機構部を他の変位機構部と逆方向に形成したことを特徴とする請求項1～7のいずれか一つに記載の圧電アクチュエータ。

【請求項9】 前記変位機構部を複数形成し、一部の変位機構部をX方向に、他の変位機構部をY方向に形成したことを特徴とする請求項1～8のいずれか一つに記載の圧電アクチュエータ。

【請求項10】 X方向またはY方向において変位機構

部を正逆方向に形成すると共にこれら変位機構部を同一直線上からずらして形成したことを特徴とする請求項9に記載の圧電アクチュエータ。

【請求項11】 前記移動体を揺動軸を中心に軸支したことを特徴とする請求項1および2、5ないし8のいずれか一つに記載の圧電アクチュエータ。

【請求項12】 粗動用の変位機構部と、粗動用の変位機構部より小さいサイズとした微動用の変位機構部とを設けたことを特徴とする請求項1～11のいずれか一つに記載の圧電アクチュエータ。

【請求項13】 平板状の振動体上にフォトリソングを用いて一端自由他端固定とした変位機構部を形成すると共に、前記振動体の結晶方位による溶解度の差を利用して変位機構部の表面に傾斜部を形成したことを特徴とする圧電アクチュエータの製造方法。

【請求項14】 フォトリソング技術と電鍍技術とを組み合わせ、平板状の振動体上に一端自由他端固定とした断面略錐形状の変位機構部を形成するようにしたことを特徴とする圧電アクチュエータの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、圧電素子を用いた屈曲変位機構により駆動を行うものであって、小型化しても安定的に駆動することができる圧電アクチュエータおよびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、一般的な圧電アクチュエータとして、駆動源として圧電素子を用い、弾性体よりなる振動体の表面に移動体を加圧接触させて駆動するものが知られている。その一例としては、特開平7-184382号公報に記載の、物体を移動させるマイクロモータが挙げられる。これを含めて従来の圧電アクチュエータでは、圧電素子にはPZTを、加工方法などの点から弾性体には金属を、移動体の摺動面には耐摩擦性の優れた摩擦材を使用して構成したものが多い。

【0003】つぎに、圧電アクチュエータの動作原理を説明する。駆動用に分極された圧電素子を方形の振動体の一方の面に設け、圧電素子に周期的に電界を印加する。これにより、圧電素子に縦振動および撓み振動して前記振動体全体に伝搬し、印加した電界の位相差から進行波が発生する。この進行波は、振動体の厚みにより上下運動を横方向運動に変換することで、振動体表面に楕円運動を起こす。この振動体に移動体を加圧接触すると、移動体と振動体との間の摩擦力によって振動体表面の横方向運動が移動体に伝えられ、移動体が前記横方向に移動する。

【0004】上記圧電アクチュエータは、①構造が簡単で、②アクチュエータサイズに対する発生力が多いこと、③応答性に優れ、④非磁性材料で構成できること等の特徴を持っている。また、上記従来の圧電アクチュエ

ータでは、振動体の上下振動振幅値が数ミクロンの極めて小さな値であるため、①移動体と接触する振動体の表面に突起をつくり振動を効率よく直線運動に伝達すること、②移動体との接触圧力を大きくすること等の方策により、発生出力や移動速度を向上を図っている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来の圧電アクチュエータをそのまま小型化した場合、つぎのような問題点が生じる。

(1) 移動体と接触する微小突起部の作成が困難である。

(2) 突起部先端に高い加工精度が要求される。

(3) 圧電素子の体積が小さくなるため、発生力が小さくなる。

(4) 振動体の曲げ剛性が圧電素子の発生力に比べて大きい場合、振動振幅と移動速度との間の変換効率が低下する。

このため、そのまま小型化したのでは期待できる機能を実現できないことになる。

【0006】そこで、この発明は、上記に鑑みてなされたものであって、小型化しても安定的に駆動することができる圧電アクチュエータおよびその製造方法を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】上述の目的を達成するために、請求項1に係る圧電アクチュエータは、平板状の振動体と、この振動体に形成され、一端自由他端固定とした変位機構部と、この変位機構部に設けた圧電素子と、前記振動体の変位機構部に接触または近接させた移動体と、を備えたものである。

【0008】圧電素子に電圧を印加すると、電歪効果により変位機構部が屈曲する。このため、変位機構部の先端付近が移動体と接触する。或は、変位機構部と移動体が接触している場合には、変位機構部の先端が移動体に対して積極的に押し当てられる。この屈曲の横方向成分が、移動体と変位機構部との摩擦力により伝播する。この接触が連続的に行われることにより、移動体が移動することになる。この圧電アクチュエータは、平板形状の振動体に変位機構部を設け、この変位機構部との摩擦力を駆動力として移動体を移動する構成であるから、小で薄型にできる。また、変位機構部を薄い平板形状で構成するから、曲げ剛性を小さくでき、振動振幅および移動速度間の変換効率が向上する。

【0009】また、請求項2に係る圧電アクチュエータは、平板状の振動体と、この振動体に形成され、一端自由他端固定とした変位機構部と、この変位機構部に設けられ表面に電極を設けた圧電素子と、前記振動体の変位機構部に接触または近接させた移動体と、圧電素子に所定周波数の電力を供給する電源と、を備えたものである。

【0010】上記したように、圧電素子を連続的に屈曲させることにより、移動体を移動させることができる。このため、電源は、圧電素子に所定周波数の電力を供給しなければならない。所定周波数は、パルス状であってもよい。変位機構部の屈曲回数および振動振幅により移動体の移動量が決まるから、電源からの供給する電力によって移動量を制御できる。

【0011】また、請求項3に係る圧電アクチュエータは、任意の固定体に載置する平板状の振動体と、この振動体に形成すると共に一端自由他端固定とし、この自由端部が前記固定体に接触または近接する変位機構部と、この変位機構部に設けた圧電素子と、を備えたものである。

【0012】圧電素子に電圧を印加すると、圧電素子の電歪効果により変位機構部が屈曲する。このため、変位機構部の先端付近が固定体と接触する。或は、変位機構部と固定体が接触している場合には、変位機構部の先端が固定体に対して積極的に押し当てられる。この屈曲の横方向成分が摩擦力となって、振動体自体を固定体に対して相対移動させる。この接触が連続的に行われることにより、振動体自体が移動する。

【0013】また、請求項4に係る圧電アクチュエータは、移動体に加圧接触する平板状の振動体と、この振動体に形成すると共に一端自由他端固定とし、この自由端部が前記移動体に接触または近接する変位機構部と、この変位機構部に設けた圧電素子と、を備えたものである。

【0014】圧電素子の電歪効果により変位機構部を屈曲させると、振動体に加圧接触する移動体に、変位機構部の一部が接触する。既に接触しているときは、積極的に押し当てられることになる。このため、変位機構部の屈曲の横方向成分が摩擦力により移動体に伝播し、当該移動体が搬送される。移動体は、例えばテレフォンカードのようなカード状のものでも、煙草のような箱状のものであってもよい。

【0015】また、請求項5に係る圧電アクチュエータは、上記圧電アクチュエータにおいて、移動体若しくは固定体または移動体の接触面に対する変位機構部の投影面積に対し、前記接触面に対する接触面積を小さくしたものである。

【0016】構造上、この圧電アクチュエータは剛性が低い場合、振動体加工時に微小な残留応力が発生したり、アクチュエータ駆動時および設置時における外力等により塑性変形が発生する。この塑性変形は微小であるため、完全に取り除くことは不可能であり、最も剛性の低い変位機構部の固定端部に発生し、自由端部が変位することが多い。また、この圧電アクチュエータは、変位機構部と移動体等との摩擦力が駆動力となるため、安定駆動には変位機構部と移動体等とが一定領域で接触するのが好ましい。この請求項5に係る発明では、移動体等

との接触面に対する変位機構部の投影面積に対し、前記接触面との接触面積を小さくすることで、接触面との接触領域を指定できると共に接触圧力を大きくするようにした。このため、圧電アクチュエータを安定駆動することができる。

【0017】また、請求項6に係る圧電アクチュエータは、上記圧電アクチュエータにおいて、前記変位機構部の全部または固定端部を含む一部の断面を略凸形状にしたものである。

【0018】移動対等に対する変位機構部の投影面積よりも、前記接触面に対する接触面積を小さくするには、例えば、変位機構部の断面を略凸形状にすればよい。これにより、変位機構部の頂部にて、前記移動体等と接触することになる。また、固定端部を含んだ一部の断面を略凸形状にすることにより、当該固定端部の弾性が大きくなり、変位機構部における微小塑性変形の影響を緩和することができる。また、略凸形状への加工過程にて残留応力を除去することができる。略凸形状の具体例としては、三角形、台形、かまぼこ形などを挙げることができる。

【0019】また、請求項7に係る圧電アクチュエータは、上記圧電アクチュエータにおいて、前記変位機構部をL字形状とし、短辺を固定端部とし長辺を自由端部としたものである。

【0020】変位機構部をL字形状にすることで、自由端部の振動をより大きくすることができる。このため、移動体等の移動量を大きくすることができる。

【0021】また、請求項8に係る圧電アクチュエータは、上記圧電アクチュエータにおいて、前記変位機構部を複数形成し、一部の变位機構部を他の変位機構部と逆方向に形成したものである。

【0022】変位機構部を逆方向に形成し、一方向の変位機構部と逆方向の変位機構部を切り替えて駆動すると、移動体等を往復運動させることができる。

【0023】また、請求項9に係る圧電アクチュエータは、上記圧電アクチュエータにおいて、前記変位機構部を複数形成し、一部の变位機構部をX方向に、他の変位機構部をY方向に形成したものである。

【0024】XY方向に変位機構部を形成することにより、移動体等をXY方向に位置決め移動させることができる。XYステージなどに有用である。

【0025】また、請求項10に係る圧電アクチュエータは、上記圧電アクチュエータにおいて、X方向またはY方向において変位機構部を正逆方向に形成すると共にこれら変位機構部を同一直線上からずらして形成したものである。

【0026】変位機構部を同一直線上からずらして形成すれば、正逆方向に形成した変位機構部による駆動方向がずれるから、移動体等が回転運動する。

【0027】また、請求項5に係る圧電アクチュエータ

は、上記圧電アクチュエータにおいて、前記移動体を揺動軸を中心に軸支したものである。

【0028】移動体を軸支することにより、当該移動体の移動が規制され、変位機構部による駆動によって移動体が揺動することになる。

【0029】また、請求項12に係る圧電アクチュエータは、上記圧電アクチュエータにおいて、粗動用の変位機構部と、粗動用の変位機構部より小さいサイズとした微動用の変位機構部とを設けたものである。

【0030】大きなサイズの変位機構部を駆動させると、大きな振動が得られるから、移動体等を粗動させることができる。小さなサイズの変位機構部を駆動させると、小さな振動になるから移動体等を微動させることができる。この圧電アクチュエータは、例えばハードディスク装置のシーク・トラッキング制御に有用である。

【0031】また、請求項13に係る圧電アクチュエータの製造方法は、平板状の振動体上にフォトリソグラフィを用いて一端自由他端固定とした変位機構部を形成すると共に、前記振動体の結晶方位による溶解度の差を利用して変位機構部の表面に傾斜部を形成したものである。

【0032】また、請求項14に係る圧電アクチュエータの製造方法は、フォトリソグラフィ技術と電鍍技術とを組み合わせ、平板状の振動体上に一端自由他端固定とした断面略扇形形状の変位機構部を形成するようにしたものである。

【0033】このようにな微細加工技術を用いて変位機構部を形成すれば、残留応力や塑性変形を抑制できると共に、容易且つ高精度に変位機構部を形成できる。

【0034】

【発明の実施の形態】以下、この発明につき図面を参照しつつ詳細に説明する。なお、この実施の形態によりこの発明が限定されるものではない。

【0035】実施の形態1. 図1は、本発明の第1の実施例に係る圧電アクチュエータを示す斜視図である。この圧電アクチュエータは、振動体となる駆動ブロック11と、圧電素子14a~14fと、圧電素子14a~14fに対し電気的に接合した電極15a~15fと、駆動ブロック11に対し電気的に接合した電極16とを備えている。駆動ブロック11の内部には、U字やコの字、或はC字形などの穴12a~12fによって変位機構部13a~13fが切り出されている。この変位機構部13a~13fには、それぞれ圧電素子14a~14fが設けられている。この圧電素子14a~14fには、電極15a~15fが設けられている。また、電極15a~15fにはドライバー19を、ドライバー19には信号発生器20を接続すると共に電極16を接地する。

【0036】つぎに、圧電素子14a~14fの接合面を下にして、駆動ブロック11の上側に移動体17を設置する。移動体17と駆動ブロック11とは、当該移動

体17の自重により加圧接触する。変位機構部13a~13fは、駆動ブロック11に対して自由に可動する自由端部と、駆動ブロック11に固定された固定端部とを有する。また、変位機構部13a~13fは、駆動ブロック11の内部に存在し、駆動ブロック11に対して突起部分を持たない。そして、駆動ブロック11上の変位機構部13a~13fは、その形成方向(固定端部から自由端部の方向)が全て同じに揃えてある。

【0037】信号発生器19から出力した交流電圧をドライバー20に入力する。ドライバー20は、入力電圧を増幅すると共に複数ある電極15a~15fの一部または全部を選択して通電する。電極15a~15fに交流電圧を印加すると、圧電素子14a~14fが印加電圧に応じて屈曲を繰り返す。この屈曲により、変位機構部13a~13fに屈曲振動が励起される。移動体17は、前記振動を駆動源とし、変位機構部13a~13fの自由端部から固定端部方向、すなわち図1の右から左へ移動する。詳しい移動原理については、後述する。

【0038】駆動ブロック11には、ステンレス鋼材を、圧電素子14a~14fにはPZT薄膜を使用する。駆動ブロック11と接合した電極16に通電するため、前記駆動ブロック11は導電体とする。ただし、圧電素子14a~14fと移動体17との間を導体および絶縁体の多層構造にすれば、駆動ブロック11の表面を絶縁体で構成できる。

【0039】また、この実施の形態では電極16を接地したが、電極15a~15fに印加する電圧と対極に接続しても、圧電アクチュエータを動作させることができる。印加電圧に関しても、ここでは交流電圧を印加したが、単極のパルスでも動作する。また、圧電素子14を駆動するため電圧源を用いたが、自励振回路を使用しても同様の機能を奏する。なお、本発明の圧電アクチュエータの駆動には移動体17と変位機構部13a~13fとの加圧接触が要求される。この実施の形態1では、移動体17の自重により駆動ブロック11に加圧接触させているが、自重によらず一定の接触圧を発生するバネ機構等により、駆動ブロック11、特に変位機構部13a~13fと移動体17とを加圧接触させるようにしてもよい。また、電極15a~15fの一部に電圧を印加するようにしても、圧電アクチュエータを駆動することができる。

【0040】【動作原理】つぎに、この圧電アクチュエータの動作原理について説明する。図2は、本発明の圧電アクチュエータの駆動原理を示す説明図である。電極15に正の電圧を印加すると、圧電素子14が移動体17側に屈曲する。電圧をとりさえれば、圧電素子14は元の形状に復帰する。圧電素子14が変形すると、これに伴い変位機構部13も屈曲し、変位機構部13の自由端部先端が移動体17に接触する。自由端部先端の横方向成分(図中右から左方向)の力が摩擦力を媒介して移動

体に伝達され、当該移動体が同方向に微小移動する。従って、圧電素子14に電圧を周期的に印加することで前記微小移動が繰り返されるから、移動体17を連続的に移動させることができる。なお、同図では、変位機構部13と移動体17との接触部分を平面的に表したが、必ずしも平面的に接触する必要はなく、点接触であっても構わない。また、移動体17と駆動ブロック11とが加圧接触しているといったが、ミクロ的に見て接触していても或は近接していても上記原理によって移動体17が移動することにかわりない。

【0041】【変位機構部の変形例】変位機構部13の形状は、上記図1に示したような単純梁形状でなくてもよい。図3~図8に、変位機構部の変形例を示す。図3は、長手方向に直交する断面が三角形の変位機構部を示す部分斜視図である。この変位機構部13によれば、峰部分で移動体17(または固定体18:実施の形態3参照、以下同じ)と線接触することになる。図4は、長手方向に直交する断面が直角三角形の変位機構部を示す部分斜視図である。この変位機構部13によれば、頂部分で移動体17と線接触あるいは非常に小さな面積で接触することになる。

【0042】図5は、長手方向に直交する断面が台形の変位機構部を示す部分斜視図である。この変位機構部13によれば、台形の短辺側面で移動体17と接触することになる。図6は、長手方向に直交する断面が自由端側で三角形、固定端側で台形の変位機構部を示す部分斜視図である。この変位機構部によれば、断面三角形の峰部分で移動体17と線接触することになる。この形状の場合、断面が三角形の場合に比べて前記移動体17に接触する面積が小さく、接触圧が大きくなる。しかし、駆動力が発生する自由端部分が移動体17と接触するので、安定な動作が期待できる。

【0043】図7は、長手方向に直交する断面が自由端側で直角三角形、固定端側で台形の変位機構部を示す部分斜視図である。この変位機構部13によれば、断面直角三角形の頂部分で移動体17と線接触することになる。この形状によっても、上記同様に安定な動作が期待できる。図8は、長手方向に直交する断面が自由端側で台形、固定端側で四角形(または台形)の変位機構部を示す部分斜視図である。この変位機構部13によれば、台形の短辺側面で移動体17と接触することになる。この形状によっても、上記同様に安定な動作が期待できる。

【0044】変位機構部13を上記図3~図8に示した形状にすれば、塑性変形をした場合でも、前記移動体17に対する接触領域が限定されているため接触面積の変化が小さい。このため、動作の変化が起こりにくい。また、接触面積が小さくなるため、移動体17に対する接触圧が大きくなる。以上から、接触領域の限定および接触圧の増大により、本発明の圧電アクチュエータをより安定的に駆動できる。

【0045】また、変位機構部13は単純梁形状でなくともよく、図9に示すように、固定端部を斜めにした形状であってもよい。これにより、曲げ振動のみでなくねじり振動も励起し、自由端で大きな振動振幅が得られやすい。

【0046】また、変位機構部13を、長辺部分131と短辺部分132とからなるL形状にしてもよい。図10(a)および(b)に示すように、短辺部分132の長さを変更したり、同図(c)および(d)に示すように、短辺部分132における固定形態を変更することにより、変位機構部13の固有振動数を異なるものにすることができる。短辺部分は曲げ振動およびねじり振動が発生し、自由端部で大きな変位(振動振幅)が得られやすい。この変位機構部13を有する駆動ブロックの下方斜視図を、図11に示す。このように、圧電素子14は、長辺部分131の下面に設けられる。この駆動ブロック11上に移動体Wを載せると、当該移動体Wを移動させることができる。また、変位機構部13をL形状にし、且つ、上記図3～図8に示すような形状にしてもよい(図示省略)。さらに、上記図3～図8に示す変位機構部13の固定端部を斜めに形成するようにしてもよい(図示省略)。

【0047】[変位機構部の製造方法] つぎに、変位機構部13の製造方法について説明する。断面形状が直線で囲まれる変位機構部(図3参照)は、異方性エッチングやハーフエッチングなどの化学処理を利用することにより、機械加工などに比べて比較的容易に形成することができる。特に異方性エッチングでは、材質を選定するだけで斜面の角度を決定できるため、斜面角度の管理が容易である。

【0048】図12は、異方性エッチングによるシリコン変位機構部13の製造工程を示す断面図である。シリコン(Si)を異方性エッチングして変位機構部13を製造するには、まず、変位機構部13の素材であるシリコン(100)面21を整面し(同図(a))、当該シリコン21を酸化させ、その両面に二酸化シリコン(SiO₂)22を形成するようにする(同図(b))。つぎに、シリコン21にフォトレジスト23を塗布し、フォトリソ24を通じて、露光および現像を行う(同図(c))。続いて、二酸化シリコンをエッチングし、フォトレジスト23を完全に除去することで、エッチングマスク(SiO₂22)を形成する(同図(d))。そして、異方特性を有するエッチング液を用いることで前記S121を異方性エッチングし、これによって前記エッチングマスクで被覆されていない部分を取り除く(同図(e))。

【0049】エッチング液には、例えば

エチレンジアミン：カテコール：水＝17cc：8cc：3cc

の割合で混合したものを用いる。これにより、シリコン

の最も原子密度の高い(111)面に対するエッチング速度が、他の(100)面などのエッチング速度の数分の1となり、極めて遅いエッチングが可能になる。このため、上記異方性エッチングにより、シリコンの(111)面が斜面となる変位機構部13を形成することができる(同図(f))。また、シリコンを用いる場合、(111)面と(100)面との斜面角度が54.7°であることから、製造過程において結晶方位による斜面角度管理が可能になる。

10 【0050】つぎに、断面形状に円弧などの曲線が含まれる変位機構部(図4参照)は、電鋳技術等を利用することにより機械加工などに比べて比較的容易に形成することができる。図13は、ニッケルメッキ材料にて変位機構部13の作製を示す電鋳工程である。電鋳技術は、厚メッキのみならず、エッチングのパターン形成技術や剥離技術などを含むものである。

20 【0051】まず、母材となるステンレス鋼25の表面を整面し(同図(a))、その母材25の表面にフォトレジスト23を塗布する(同図(b))。つぎに、フォトレジスト23の上にフォトリソ24をセットして露光および現像を行い(同図(c))、エッチングマスク(フォトレジスト23)を形成する(同図(d))。このようにして作成した型に電気メッキ処理を施すと、フォトレジスト23の存在しない部分にニッケル電着層26が形成され、ニッケル電着層26がフォトレジスト23の表面に張り出してくる(同図(e))。

30 【0052】この張り出し部分の断面形状は曲面になり、この頂部が移動体17との接触部分となる。最後に、ニッケル電着層26をフォトレジスト23および母材25から剥離させ、変位機構部13を製造する(同図(f))。ここでは、ステンレス鋼とニッケルとの剥離性が良好であるため、剥離処理を行わないようにしたが、通常は電気メッキ処理の前段階として前記型に酸化物や硫化物などの皮膜を形成し、電着層との接着性を弱める処理が必要になる。なお、上記エッチングや電鋳の他、レーザビーム、電子ビーム加工により変位機構部の形状を加工してもよい。

40 【0053】[圧電アクチュエータの変形例] つぎに、上記変位機構部を用いた圧電アクチュエータの変形例を実施の形態2～実施の形態8にて説明する。

実施の形態2. 図14は、この発明の実施の形態2に係る圧電アクチュエータを示す構成図である。この圧電アクチュエータは、任意方向への移動を可能にしたものであり、実施の形態1の圧電アクチュエータと異なるのは、変位機構部13を前後左右方向に設けた点である。その他の基本的な構成は実施の形態1と同様であるから説明を省略する。この圧電アクチュエータでは、4つの変位機構部13a～13dを、それぞれ前後左右方向に向けて駆動ブロック11に形成する。すなわち、各変位機構部13が一方方向の移動を担当するようにする。ま

た、逆向きに設けた一組の変位機構部13aおよび変位機構部13c（または一組の変位機構部13bおよび変位機構部13d）は、各々同一直線上からずらして配置する。

【0054】つぎに、この圧電アクチュエータの動作を説明する。信号発生器19からドライバー20を経て、電極15a～15dに交流電圧を印加する。ドライバー20は電圧を増幅すると共に変位機構部13a～13dの向きに応じて、スイッチングの役割を果たす。具体的に説明すると、ドライバー20は、移動体17を図中右方向に移動する場合、変位機構部13aの電極15aのみに電圧を印加し、移動体17を図中左方向に移動する場合、その逆向きの変位機構部13cの電極15cのみに電圧を印加する。さらに、図中後方向に移動体を移動する場合、手前に自由端が配置された変位機構部13bの電極15bにのみを、逆に図中手前方向に移動体を移動する場合、後方向に自由端が配置された変位機構部13dの電極15dのみに電圧を印加する。

【0055】また、移動体17を、変位機構部13に沿った方向以外へ移動させることもできる。例えば、図中後方向から右へ30°の向きに移動体17を駆動させる場合、変位機構部13aの電極15aおよび変位機構部13bの電極15bの両方に電圧を印加する。この印加電圧は一定ではなく、変位機構部13aの電極15aに印加する電圧が1とすると、変位機構部13bの電極15bに印加する電圧が1.7になるように制御する。これにより、移動体17の駆動方向を制御可能となる。

【0056】また、反対方向に設けた変位機構部13aおよび変位機構部13c（または変位機構部13bおよび変位機構部13d）を同時に駆動すると、移動体17が回転運動する。これは、変位機構部13aと変位機構部13cとが同一直線上に配置されていないためである。特に、変位機構部13aの先端と変位機構部13cの先端とを同一円上に位置させれば、効率的な回転を得ることができる。以上から、この圧電アクチュエータは、移動体17を平面上で360°任意方向に駆動することができる。なお、上記変位機構部に代えて、図3～図10に示した形状の変位機構部を用いることもできる。ただし、移動体17を回転移動させる必要のない場合、反対方向に設けた変位機構部13aおよび13c、または13bおよび13dを同一直線上に配置しても360°任意方向への移動機能のみ実現できる。

【0057】実施の形態3。図15は、この発明の実施の形態3に係る圧電アクチュエータを示す構成図である。この圧電アクチュエータでは、移動体17の代わりに固定体18を用い、圧電アクチュエータ自体を固定体上で移動させるようにしたものである。駆動ブロック11には、4つの変位機構部13a～13dが形成されており、これら各変位機構部13a～13dが圧電素子14a～14dを有している。圧電素子14a～14d

は、電極15a～15dを通じてドライバー20に接続されている。ドライバー20は、信号発生器19から駆動信号を得る。これら変位機構部13その他の基本構造は、実施の形態1の圧電アクチュエータと同様であるから、詳細な説明は省略する。

【0058】電極15a～15dに交流電圧を印加すると、圧電素子14a～14dがその印加電圧に応じて屈曲を繰り返す。この圧電素子14a～14dの屈曲により、変位機構部13a～13dに曲げ運動が励起され、振動を起こす。この振動が駆動源となり、固定体18上を圧電アクチュエータ自体が図中右方向へ移動する。なお、実施の形態2のように、変位機構部13をそれぞれ前後左右方向に設ければ、圧電アクチュエータ自体を360°任意方向へ移動および回転させることができる（図示省略）。なお、上記変位機構部に代えて、図3～図10に示した形状の変位機構部を用いることもできる。

【0059】実施の形態4。図16は、この発明の実施の形態4に係る圧電アクチュエータを示す構成図である。この圧電アクチュエータは、L形状の変位機構部13を用いて構成したものであって、二組の変位機構部列13F、13Rを互いに逆方向に形成したものである。変位機構部13にはそれぞれ圧電素子（図示省略）が設けられており、その基本構成は実施の形態1と同様であるから詳細な説明は省略する。この圧電アクチュエータの構成によれば、移動体17を往復運動させることが可能になる。また、変位機構部13は、駆動ブロック11上に正逆それぞれ2列設けられているので、移動体17の駆動力を十分に確保できる。

【0060】信号発生器およびドライバー（図示省略）は、変位機構部13の電極（図示省略）に接続されている。変位機構部13の動作原理は、上記と同様である。ドライバーは、正方向または逆方向の変位機構部に設けた各圧電素子に電力を供給することで、移動体17の往復運動を制御する。なお、変位機構部13は、上記図3～図9に示した形状のものを用いてもよい。

【0061】実施の形態5。図17は、この発明の実施の形態5に係る圧電アクチュエータを示す構成図である。この圧電アクチュエータは、XY方向にL形状の変位機構部13を設けた構成である。駆動ブロック11のXY方向には、変位機構部13X、13Yが2つずつ設けられている。変位機構部13の裏側には圧電素子（図示省略）が設けられており、圧電素子には電極が設けられている。圧電素子は、信号発生器およびドライバー（図示省略）から電力供給を受ける。一方方向の変位機構部13Xに電力を供給することで、移動体17をX方向に移動することができる。また、他方向の変位機構部13Yに電力を供給することで、移動体17をY方向に移動することができる。ドライバーは、各圧電素子に印加する電圧を調整することにより、前記移動体17の移

動量を制御できる。このため、任意方向の位置決めが可能になる。例えば、この圧電アクチュエータは、XYステージとして用いることができる。なお、上記変位機構部に代えて、図3～図9に示した形状の変位機構部を用いることもできる。また、X方向もしくはY方向のうち、同一直線上にない相反する向きの変位機構部13を同時に駆動すると、上記発明の実施の形態2と同様、回転移動機能を実現できる。

【0062】実施の形態6。図18は、この発明の実施の形態6に係る圧電アクチュエータを示す構成図である。この圧電アクチュエータでは、駆動ブロック11内に、直線2列に形成した微動用の変位機構部13Sと、直線2列に形成した粗動用の変位機構部13Lとを有し、各変位機構部列13S、13Lの制御量を異なるものとした。微動用の変位機構部13Sは粗動用の変位機構部13Lに比べてサイズが小さいため、微細な移動制御が可能になる。変位機構部13の基本構成は、実施の形態1と同様であるから詳細な説明は省略する。ドライバー（図示省略）は、微動用の変位機構部13Sと粗動用の変位機構部13Lとを切り換えて駆動する。粗動用の変位機構部13Lは、固定端部から自由端部までが長いので、大きく振動する。このため、移動体17の移動量を大きくできるが、微細な位置決めが困難になる。一方、微動用の変位機構部13Sは、固定端部から自由端部までが短いので、振動が小さい。このため、移動体17の移動量は小さくなるが、その分、微細な位置決めが可能になる。

【0063】なお、同図の微動用の変位機構部13Sと粗動用の変位機構部13Lとを一組として、それぞれを逆向きに設ければ移動体17を往復運動させることができる（図示省略）。このような圧電アクチュエータの応用例としては、例えばハードディスクのヘッドの位置制御を挙げることができる。この場合、移動体17に磁気ヘッドを取り付け、前記粗動用の変位機構部13Lによりシーク動作を行い、微動用の変位機構部13Sによりフォローイング動作を行うようにする。このようにすれば、粗動用の変位機構部13Lによってシーク動作を短時間で行うことができ、微動用の変位機構部13Sにより微細な追従が可能になる。なお、上記変位機構部13に代えて、図3～図9に示した形状の変位機構部を用いることもできる。

【0064】実施の形態7。図19は、この発明の実施の形態7に係る圧電アクチュエータを示す構成図である。この圧電アクチュエータは、微動用の変位機構部13Sと粗動用の変位機構部13Lとにより移動体17を揺動させるようにした点に特徴がある。変位機構部13の基本構成は実施の形態1と同様であるから詳細な説明を省略する。移動体17は、サスペンションアーム171により支持されており、固定端（図示省略）を中心として揺動することができる。移動体17は駆動ブロック

11上に配置する。駆動ブロック11には、微動用の変位機構部13Sと粗動用の変位機構部13Lとの組が互いに逆方向に形成されている。この一組の変位機構部13により、移動体17の粗動および微動を行う。微動用の変位機構部13Sは、粗動用の変位機構部13Lに比べてサイズが小さく、それだけ微細な制御が可能になる。

【0065】ドライバー（図示省略）は、微動用の変位機構部13Sと粗動用の変位機構部13Lとを切り換えて、各変位機構部の駆動を行う。粗動用の変位機構部13Lは移動体17を大きく移動させることができ、微動用の変位機構部13Sは移動体17の微細な位置決めを可能とする。なお、同図では、変位機構部13を設けた駆動ブロック11を矩形としているが、大きな揺動を行うときには、サスペンションアーム長を半径とした弧形状の駆動ブロック11にする。なお、上記変位機構部に代えて、図3～図9に示した形状の変位機構部を用いることもできる。

【0066】実施の形態8。図20は、この発明の実施の形態8に係る圧電アクチュエータの応用例を示す構成図である。同図は、圧電アクチュエータを搬送装置として用いた場合であって、互いに逆を向いた変位機構部を有する駆動ブロック11を対向配置し、この駆動ブロック11間に保持部材30を介在させた構成としている。この保持部材30により駆動ブロック11間に与圧が加えられる。変位機構部13の基本構成は、実施の形態1と同様であるから説明を省略する。この駆動ブロック11間にカードCを差し込むと、変位機構部13Rの駆動によりカードCを一方（図中R方向）に搬送することができる。これと逆を向いた変位機構部13Fを駆動すれば、前記カードCを逆方向（図中F方向）に搬送できる。また、ドライバー（図示省略）の制御によって、カードCの位置決めを容易に行うことができる。

【0067】この圧電アクチュエータを用いることで、搬送装置の構造を簡略化できると共に非常に薄型にすることができる。この搬送装置は、例えばICカード端末や電話機等多くの分野で応用可能である。なお、上記変位機構部に代えて、図3～図9に示した形状の変位機構部を用いることもできる。また、簡単な構造であるから、周囲の部品との一体化も可能である。

【0068】

【発明の効果】以上説明したように、この発明の圧電アクチュエータによれば、従来の圧電アクチュエータに不可欠であった、駆動対象物と接触する突起部分が不要となる。また、変位機構部の剛性が低いため、屈曲振動を励起するエネルギーが小さくても大きな振動振幅を得られ、伝達効率の高い運動変換系を実現できる。さらに、微細加工技術を用いて部品の加工を行う。この結果、小型にしても安定した駆動が得られ、薄型化が可能になる。また、極めて少ない部品で直進運動機能、往復運動

機能、360°任意方向への運動機能および回転運動機能を実現できる。さらに、エッチングプロセス処理等により構成部品を製造できるため、高精度化できると共に組立および調整作業が簡略化され、安価に大量生産できるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例に係る圧電アクチュエータを示す斜視図である。

【図2】本発明の圧電アクチュエータの駆動原理を示す説明図である。

【図3】長手方向に直交する断面が三角形の変位機構部を示す部分斜視図である。

【図4】長手方向に直交する断面が薄錐形状の変位機構部を示す部分斜視図である。

【図5】長手方向に直交する断面が台形の変位機構部を示す部分斜視図である。

【図6】長手方向に直交する断面が自由端側で三角形、固定端側で台形の変位機構部を示す部分斜視図である。

【図7】長手方向に直交する断面が自由端側で薄錐形、固定端側で台形の変位機構部を示す部分斜視図である。

【図8】長手方向に直交する断面が自由端側で台形、固定端側で四角形（または台形）の変位機構部を示す部分斜視図である。

【図9】変位機構部の変形例を示す説明図である。

【図10】変位機構部の変形例を示す説明図である。

【図11】変位機構部を有する駆動ブロックの下方斜視図である。

【図12】異方性エッチングによるシリコン変位機構部の製造工程を示す断面図である。

【図13】異方性エッチングによるニッケル変位機構部の電鍍工程を示す断面図である。

【図14】この発明の実施の形態2に係る圧電アクチュエータを示す構成図である。

【図15】この発明の実施の形態3に係る圧電アクチュエータを示す構成図である。

【図16】この発明の実施の形態4に係る圧電アクチュエータを示す構成図である。

【図17】この発明の実施の形態5に係る圧電アクチュエータを示す構成図である。

【図18】この発明の実施の形態6に係る圧電アクチュエータを示す構成図である。

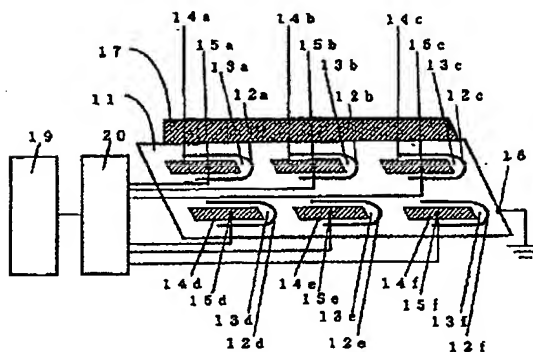
【図19】この発明の実施の形態7に係る圧電アクチュエータを示す構成図である。

【図20】この発明の実施の形態8に係る圧電アクチュエータの応用例を示す構成図である。

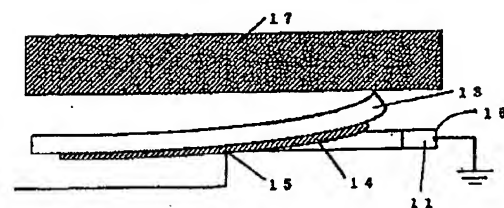
【符号の説明】

- 11 駆動ブロック
- 12 穴
- 13 変位機構部
- 14 圧電素子
- 15 電極
- 16 電極
- 17 移動体
- 18 固定体
- 19 信号発生器
- 20 ドライバー
- 21 シリコン(100)面
- 22 二酸化シリコン
- 23 フォトレジスト
- 24 フォトマスク
- 25 ステンレス鋼
- 26 ニッケル電着層

【図1】



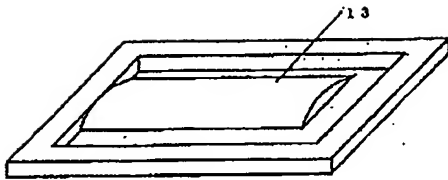
【図2】



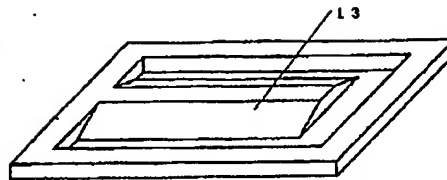
【図3】



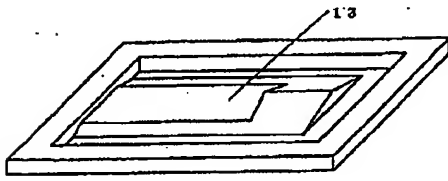
【図4】



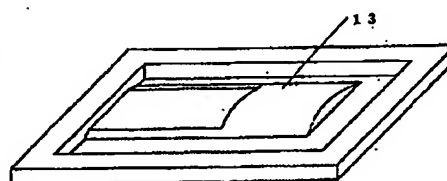
【図5】



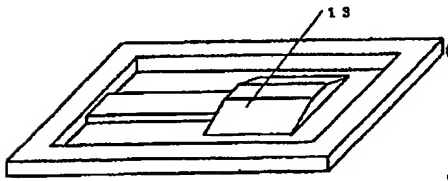
【図6】



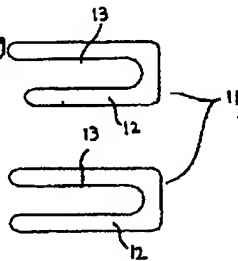
【図7】



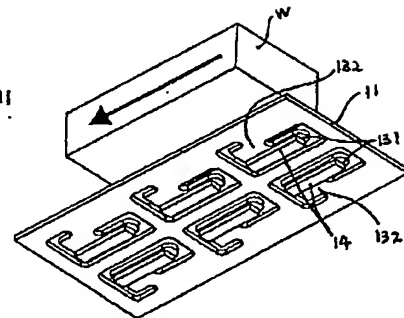
【図8】



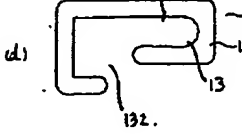
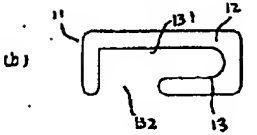
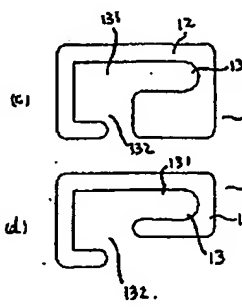
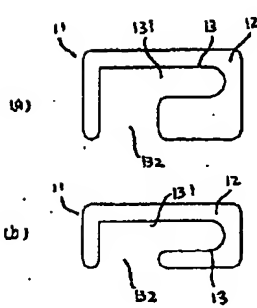
【図9】



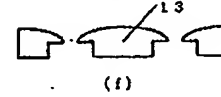
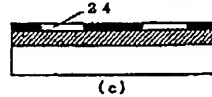
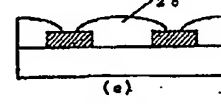
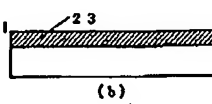
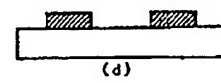
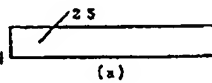
【図11】



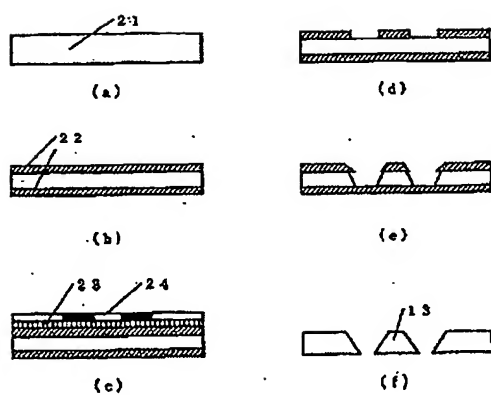
【図10】



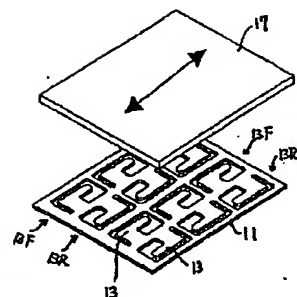
【図13】



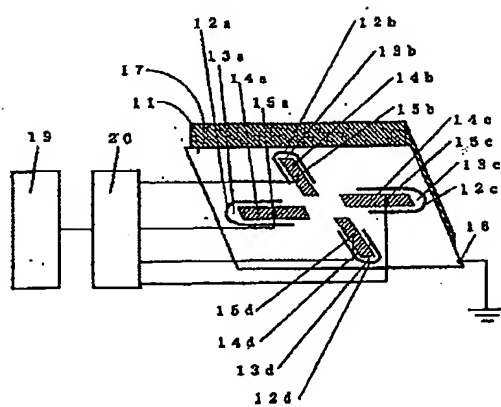
【図12】



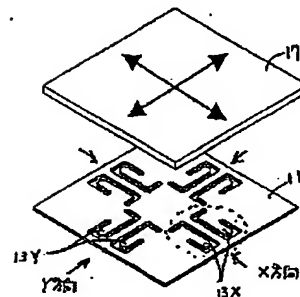
【図16】



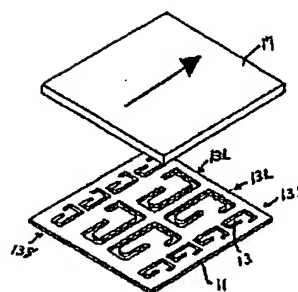
【図14】



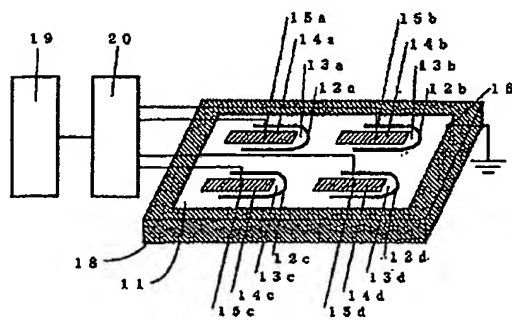
【図17】



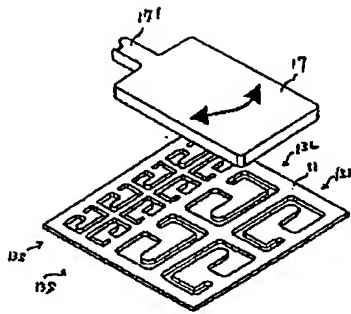
【図18】



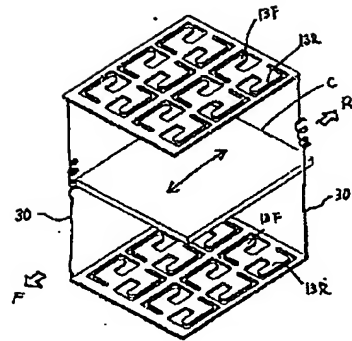
【図15】



【図19】



【図20】



フロントページの続き

(72)発明者 佐藤 樹

千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 セ 20

イコーインスツルメンツ株式会社内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.